

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-005796

(43)Date of publication of application : 12.01.1996

(51)Int.Cl.

G21K 1/06
G21K 5/02
H01L 21/027

(21)Application number : 06-141728

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 23.06.1994

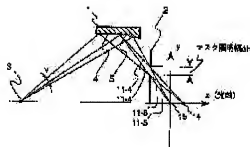
(72)Inventor : KATAGIRI SOUICHI
ITO MASAOKI
MATSUZAKA TAKASHI

(54) X-RAY PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an X-ray aligner to improve the efficiency of mass production in the semiconductor manufacturing technology (lithography) for copying minute patterns.

CONSTITUTION: A condenser mirror 1 and a mask 2 are laid out in such a configuration as the condenser mirror 1 with a rotary elliptic face is divided into areas 4 and 5 and X rays reflected on the areas 4 and 5 of each rotary elliptic face overlap at the illuminating position of the mask 2 to condense the rays. Therefore, this makes it possible to use a set of two mirrors in an imaging optical system used for an X-ray projection aligner and to make an effective use of illumination light, thereby making an effect for improving the throughput of the aligner. Moreover, it has a secondary effect for making it possible to make incoherent the illumination to improve the quality of images in the imaging optical system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3305119

[Date of registration]

10.05.2002

[Number of appeal against examiner's decision of

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-5796

(43) 公開日 平成8年(1996)1月12日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 K	1/06	M		
	5/02	X		
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L 21/ 30	5 3 1 A
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)				

(21) 出願番号	特願平6-141728	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成6年(1994)6月23日	(72) 発明者	片桐 創一 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	伊東 昌昭 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	松坂 尚 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(74) 代理人	弁理士 薄田 利幸

(54) 【発明の名称】 X線投影露光装置

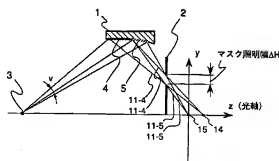
(57) 【要約】

【目的】 微細パターンを転写する半導体製造技術（リソグラフィ）の量産効率を向上させるX線露光装置を実現する。

【構成】 回転楕円面のコンデンサミラー1を複数の領域4、5に分割してそれぞれの回転楕円面領域4、5で反射されたX線12、13がマスク2の照明位置では重複して、光が絞られる形状のようになるようにコンデンサミラー1、マスク2を配置する。

【効果】 X線投影露光装置に用いる結像光学系を2枚組ミラーとすることと照明光の有効利用が可能となるので、上記露光装置のスループットが向上する効果がある。また、結像光学系の像質を改善する照明のインコヒーレント化も可能とする副次的な効果がある。

図1



1 コンデンサミラー、2 マスク、3 光源、4 照明領域
5 照明領域

【特許請求の範囲】

【請求項1】光源から発散するX線をコンデンサミラーで集光してマスクを照明し、上記マスクからの反射光又は透過光を結像光学手段を介して基板上に投影露光して上記マスク上のパターンを転写する露光装置において、上記コンデンサミラーを回転槽面とし、かつ上記回転槽面内の反射面が複数の領域に分割され、各領域で反射されたX線が上記マスクの同一領域を照射するように構成されたことを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項2】請求項1記載のX線投影露光装置において、上記コンデンサミラーの各領域の焦点位置が上記結像光学手段の入射瞳面内に分布することを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項3】請求項1記載のX線投影露光装置において、上記コンデンサミラーの各領域の焦点位置が上記結像光学手段の光軸上に分布することを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項4】請求項1、2又は3記載のX線投影露光装置において、上記コンデンサミラーを往復運動する駆動手段を備えたことを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項5】請求項4記載のX線投影露光装置において、上記マスクの円弧状照明領域の中心線と光軸と垂直な軸の交わる点を回転中心とした円弧軌道で上記コンデンサミラーを往復運動する駆動手段を設けたことを特徴としたX線投影露光装置。

【請求項6】光源から発散するX線をコンデンサミラーで集光してマスクを照明し、上記マスクからの反射光又は透過光を結像光学手段を介して基板上に投影露光して上記マスク上のパターンを転写する露光装置において、上記コンデンサミラーを構成する反射面の結像光学系の光軸を含む断面を単一の槽面とし、上記槽面内の一方向の焦点に上記光源を配置し、上記コンデンサミラーを上記槽面の他方向の焦点が上記マスクの照射領域の中心とし、上記反射面を上記槽面の回りに回転した回転面となる形状とした上記コンデンサミラーを備えたことを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項7】請求項1ないし6記載のいずれかのX線投影露光装置において、上記光源はシンクロトロン線源であることを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項8】請求項1ないし6記載のいずれかのX線投影露光装置において、上記光源はレーザープラズマ線源であることを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項9】請求項1ないし6記載のいずれかのX線投影露光装置において、上記結像光学手段が2枚の反射ミラーで構成されていることを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項10】請求項1ないし9記載のいずれかのX線投影露光装置において、上記マスクと上記基板上を同期走査する手段を備えたことを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項11】請求項1ないし9記載のいずれかのX線投影露光装置において、上記光源は3ナノメートルから20ナノメートルの範囲の波長光を発生する光源であることを特徴とするX線投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、X線投影露光装置、さらに詳しくいえば、微細パターンを転写する半導体製造技術（リソグラフィ）等々に使用され、光源から発散するX線をコンデンサミラーで集光して投影すべきパターンを持つマスクを照明し、上記マスクからの反射光又は透過光を結像光学手段を介して基板上に投影露光して上記パターンを転写するX線投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】X線投影露光装置では高い精度でパターンを転写すると共に光源からのX線のうち実際に露光に寄与する割合を高め、単位時間あたりの転写回数、すなわちスループットを向上することが重要である。

【0003】X線投影露光装置では、露光波長が13nm程度の軟X線領域の光を用いるために、X線投影露光装置の結像光学手段は、透過型レンズが使えなくなり反射鏡で構成される。この軟X線領域の露光波長の光を反射するために反射鏡の表面は多層膜で構成されるが、反射率は高々60%程度である。そこで、スループットを向上させるにはコンデンサミラー及び結像光学系を構成する反射鏡の枚数を少なくすることが望ましい。

【0004】高い転写精度で、かつスループットを向上させることを目的としたX線投影露光装置として、公開特許公報、特開平4-225215号に記載されているようにコンデンサミラーとして回転槽面ミラー1枚と結像光学系として3枚の非球面ミラーを組合せたものが知られている。上記従来技術は、光源の光強度を有効に利用するために、一個の回転槽面内の反射面を持つコンデンサミラーを用いてマスク照明領域を円弧状にするものである。即ち、図9に示すように3枚組の反射型ミラー10-1、10-2及び10-3の結像光学系10によって、マスク2のパターンをウエハ9に転写する場合、結像光学系10を構成する各反射型ミラー一同が影となり露光光を喰って、有効な結像領域（マスク照明領域）は円弧状になる。そこで、光源のX線ビームを有効に利用するために、回転槽面内の反射面をもつコンデンサミラーを用いてマスク上の照明光の照射領域を上記円弧状にするものである。

【0005】また、他のX線投影露光装置として、結像光学系を構成しているミラーに欠陥があっても、その欠陥による悪影響を小さくするため、コンデンサミラーを2枚のミラーの組み合わせによって構成し、マスク上の照明光の照射領域を上記円弧状とすると共に、光源からのX線を、光源位置でのX線面の垂直方向の結像位置及

び水平方向の結像位置がそれぞれマスクの近傍及び縮小結像光学系の入射瞳位置に集束するように構成したものが提案されている(公開特許公報、特開平4-225215号)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来知られているコンデンサミラーとして回転楕円面ミラーを使用したX線投影露光装置は次の2つの問題がある。第1の問題は光源からの光を有効に使用するため、コンデンサミラーの回転楕円面を広くすると、図10に示すように、光軸を含む平面における光源3からのビームは広がり v をもち、コンデンサミラー1で反射されたビームは光軸 z にある焦点に収束する。そのため、マスク2が焦点から離れたときには、マスク2上のマスク照明幅が広がり、周辺部は無効なビームとなり、ビームの利用効率を低下させると共に、解像度を低下させる。第2の問題は、結像光学系の反射鏡の損失を少なくし、さらに、スループットをさらに改善するため、結像光学系を構成できる最小の2枚組の反射鏡で構成することが考えられるが、2枚組の反射鏡で構成した結像光学系によると、後で詳細に説明するように、物点高さ(結像光学系の光軸からマスク上の照射ビームの位置までの距離)に伴う倍率変動(像歪)の補正が困難になるという不可避の問題が生じる。

【0007】この像歪の影響を軽減するにはマスク照明幅を狭めれば良いが、2枚組の結像光学系は3枚組の結像光学系に比べて有効照明領域が狭くなるので、コンデンサミラーにより集光された光を有効に使うことが出来なくなり、結局2枚組又は3枚組のどちらの結像光学系を用いてもスループットが向上しないという問題があった。

【0008】また、前記縮小結像光学系を構成しているミラーの欠陥の影響を小さくした従来のX線投影露光装置では、コンデンサミラーが2枚のトロイダルミラー、2枚のトロイダルミラーと1枚の平面ミラー、あるいは、2枚のシリンドリカルミラー等の、2枚以上のミラーの組み合わせによって構成されている。そのため、コンデンサミラーで2回以上の反射が行われていることになり、結像光学系が、2個の反射鏡で構成されているにもかかわらず、反射損失は改善されていない。そのためスループットの低下する原因となっている。

【0009】従って、本発明の主目的は投影写像の解像度を低下させることなく、同時に光源からのX線ビームの結像に与する割合を高め、スループットが向上できるX線投影露光装置を実現することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のX線投影露光装置の1つの形態は、コンデンサミラーで集光してマスクを照明し、上記マスクからの反射光又は透過光を結像光学手段を介して基板(ウエハ)上に投影露光して上記マスク上のパターンを基板上

に転写する露光装置において、上記コンデンサミラーを構成する反射面を、X線を一回のみ反射する複数の回転楕円面で構成し、上記複数の回転楕円面のそれぞれの1つの焦点は上記光源の位置と一致し、上記複数の回転楕円面で反射されたX線は上記マスク上の物点高さ方向で重複して照射するように配置される。すなわち、複数のミラーの回転楕円面をマスク上のマスク照明領域の幅を狭めるように、上記回転楕円面の構成及び位置を特定した。上記複数の回転楕円面の反射面は単一の固体で構成しても、複数のコンデンサミラーで構成してもよい。さらに、上記コンデンサミラーを移動するように移動手段を設けても良い。上記重複は完全に重複する場合が望ましいが、一部重複でもよい。

【0011】本発明のX線投影露光装置の他の形態は、上記コンデンサミラーを構成する反射面の断面を単一の楕円とし、上記楕円の方の一方の焦点に上記光源を配置し、上記楕円の他方の焦点が上記マスクの照射領域の中心とし、上記反射面を上記一方の焦点と結像光学系の瞳位置を結ぶ軸を回転中心とした回転面になるような上記コンデンサミラーをもちいて構成する。

【0012】

【作用】光源が水平方向に均等に発散し、厚みは薄いというシート状ビームである場合、シート状ビームを集光するコンデンサミラーとして回転楕円面を用い、上記光源を楕円の焦点から発生させると、コンデンサミラーによって集光された光は他方の焦点に集光する。従って、マスクがコンデンサミラーと結像光学系と上記他方の焦点との間にある場合は、マスク上の照明領域は円弧状になり、マスクが他方の焦点にある場合は、マスク上の照明領域は点になる。この楕円を光源が通るように配置した結像光学系の光軸回りに回転する。そのときに得られる回転面を反射面とすることでマスク上の照明領域を線状の円弧にできる。

【0013】本発明の第1の形態によれば、図1に示すように、コンデンサミラー1の反射面を光の進行方向に複数の領域4、5に分割して、それぞれの領域4、5の回転楕円面の焦点位置を一方は光源3に一致させ、他方は14、15のように、光軸 z 上に分布させ、段階的に回転楕円面の焦点位置を変え、各領域の外周光線11-4、11-5がマスク2の有効照明域を重複して照射するので、光源3からの開き角度 v を大きくしても、マスク照明幅 ΔH を狭くすることができるので、像歪を増すことなくマスク2の有効照明域の狭い2枚組の結像光学系においても光源3からの照明光の有効利用が可能となる。

【0014】本発明の第2の形態によれば、コンデンサミラー1の結像光学系の光軸を含む断面は単一の楕円であり上記楕円の方の一方の焦点が光源でマスクが他方の焦点の近傍に配置される。さらに、上記断面が光源を通るように配置した結像光学系の光軸回りに回転したときに得

られる回転面をはんしゃめんとすることでマスク上の照明領域はマスクの移動方向の幅が更に狭められた線状の円弧となる。よって、像歪は少なく、光源からウエハまでのX線の反射回数がコンデンサミラーの1回と結像光学系の2回で最小となり、かつ光源の開き角を大きくすることができ、更に照明光の有効利用が可能となる。

【0015】

【実施例】図2は本発明によるX線投影露光装置の一実施例の構成を示す要部の構成図である。本実施例は、コンデンサミラー1の反射面が図1で説明したように複数の回転楕円面で構成され、マスクが楕円の焦点位置から離れた位置に配置されたものである。光源3からのX線はコンデンサミラー1で集光されたX線11となり、マスク2を照射する。マスク2で反射されたX線は2枚組のミラー8-1及び8-2の結像光学手段8によってウエハ9にマスク2のパターンを転写投影する。マスク2とウエハ9は走査駆動手段によって矢印で示す方向、即ち光軸に垂直方向に同期走査される。結像光学手段8が縮小倍率をもつときは、マスク2とウエハ9は縮小倍率分だけ速度を変えて同期走査する。

【0016】コンデンサミラー1の反射面は、図1で説明したように、反射面がX線の進行方向に複数の領域に分割され、各領域ごとに回転楕円面の1つの焦点は光源3の位置と一致し、他の焦点は互いに異なる反射面で構成されている。即ち、各領域で反射されたX線は、図1で説明したように、マスク走査方向のマスク照明幅で重複する。光源3は結像光学手段8の光軸上に配置されている。光源3はシンクロトロンで、その放射光は断面形状が水平方向に均一に発散し、厚みは薄いシート状ビームである。従って、シート状ビームが回転楕円面の反射面で反射されると、マスク2上で円弧状（輪帯）照明領域が形成される。物点高さ（結像光学手段8の光軸からマスクの照明位置までの距離）を60mm、結像光学手段8の縮小倍率を1/5、上記円弧状照明領域の幅を10mmとすると、ウエハ9の項軸から下側に12mmのところ幅20mmの円弧状照明領域のパターンが転写される。上記実施例はマスク2からの反射光を利用するものであるが、透過光を利用するのにも良いことは図1の説明からも明らかである。また、本実施例において、光源はシンクロトロン放射光でもよいし、レーザプラズマX線源であってもよい。さらに、露光波長は、ミラーを構成する多層膜の製造技術、材料の観点より、3nmから20nmとすることが望ましい。

【0017】作用の欄で説明したように、コンデンサミラー1の回転楕円面の組み合わせによって、光源3からの開き角 α を大きくしてもマスク照明幅を狭くできるので、2枚組の結像光学系8を利用する場合でも像歪を大きくすることなく光源3からの光を効率良く露光に用いることが可能となり、従来にないスループットの向上

が実現できる。なお、上記説明においては、光源3と光軸上の点14、15を対応させたが、光源3と対応させる点はこれに限定されないことは自明である。例えば、図3に示すように、結像光学系の入射面上に対応する点をとるように、コンデンサミラー1の回転楕円面を複数の回転楕円面6、7で構成すれば、結像光学系の子午方向（メリジオナル）についてインコヒーレント照明に近づけることができ、結果的に像質が向上する効果がある。

【0018】さらに、コンデンサミラー1を図4に示すように、x軸方向に揺動することにより、結像光学系の球欠方向（サジタル）のインコヒーレント照明も可能となる。なお、この揺動軌道は、図4に示すように、マスク2照明位置（円弧状照明領域の中心線と光軸と垂直な軸の交わる点）を回転中心とした円弧軌道が望ましい。その他、コンデンサミラー1を各領域ごとに分離して複数のコンデンサミラーを用いても全く同様の効果があるのは自明である。

【0019】図5及び図6によって本実施例による像歪の改善を説明する。図5は2枚組の結像光学手段を用いた場合の物点高さ s と像歪の関係を示す図である。図に示すように物点高さ60mmの近傍において-0.26%程度の像歪 E を有する。これは、既に述べたように、結像光学系8が2枚組ミラーにより構成されているために像歪の補正が出来ないことに起因して生じる収差である。この収差がどのような影響を及ぼすかについて図6によって説明する。

【0020】図6はマスク照明領域とウエハ上の露光領域の関係を説明する図である。なお、ウエハ上の露光領域はマスク照明領域と比較しやすいように、拡大して向きを逆にして示している。図6に示すように、物点高さによって像歪による縮小倍率変動がある場合、図示するように転写される像が走査位置によって横ずれ s を起こし、転写パターンのボケにつながる。ここで、0.1 μ mの転写を行なうのに充分な転写パターンの寸法許容性を10%以内とし、図6に示すように物点高さの中心値 H を60mm、結像光学系の縮小倍率 m を1/5倍、円弧状のマスク照明領域の片幅 W を50mmとすると、転写による寸法シフト S は次式で与えられる。

【0021】

$$S = m \cdot H \cdot E \cdot \cos \theta \quad (1)$$

【0022】また、マスク照明幅 ΔH は、次式のように定義できる。

【0023】

$$\Delta H = H_1 - H_2 \quad (2)$$

【0024】ここで、 H_1 と H_2 は図6にあるようにマ

スク照明領域の照明幅の上下限である。(1)と(2)式を用いて有効なシフト量を0.1 μm の10%の10nmとすると、物点高さの幅(マスク照明幅) ΔH は、35 μm しかないとわかる。この際、反射(又は透過)光はマスク位置では円弧状に成形されている。図1で説明したように、本発明の第1の実施例では、2つの回転楕円の反射面4、5によるX線はマスク2上で同じ領域、即ちマスク照明幅 ΔH を照射することになり、シフトSを小さくし、像歪を少なくできる。

【0025】図7は、本発明によるX線投影露光装置の他の実施例の構成を示す構成図である。本実施例は図示のように、結像光学系の光軸を含む断面が楕円で、上記楕円の断面を光源を通るように配置した結像光学系の光軸回りに回転したときにできる回転面を反射面とするコンデンサミラー1に対して、上記楕円の一方の第1焦点に光源3を配置し、上記楕円の他方の第2焦点にマスク2の照射位置がくるようにマスクを配置している。本実施例においてもコンデンサミラー1はX線の進行方向における反射の回数が一回である複数個の回転楕円面を持つ構成としてもよい。本実施例はマスクの照射位置が楕円の焦点に位置するため、照射領域幅 ΔH を極めて狭く*

$$P = P_0 \cdot \theta \cdot I \cdot R_c \cdot T_m \cdot R_m \cdot \frac{\Delta \lambda}{\lambda} n^{-1/2}$$

【0030】で表される。Pは光源の輝度、 θ はビームの水平取得角度、Iはビーム電流、R_cはコンデンサミラーの反射率、長波長光のカットに用いるフィルタの透過率、R_mは多層膜面の反射率、nは多層膜反射回数、 $\Delta \lambda / \lambda$ はバンド幅である。

【0031】図8の斜線部に示すように、化学増幅型レジストの実用感度は3~5mJ/cm²である。また、X線露光装置で実用できるスループットは量産効果を考慮し20枚/h以上である。上記(3)、(4)式に基づいて、図7に示した本発明の実施例による特性及び従来の結像光学系を2枚のミラーで構成し、コンデンサミラーとして2つのミラーを組み合わせた従来の装置の特性をそれぞれ曲線a及びbで示す。図から明らかなように、本発明の実施例ではスループットを著しく改善し、実用レジスト感度範囲3~5mJ/cm²において、実用可能な20~30枚/hが実現できる。

【0032】

【発明の効果】本発明により、光源からウエハまでの反射を最小の3組のミラーとすることによりミラーによる損失を軽減することによりX線投影露光装置のスループットが向上すると共に、コンデンサミラーを回転楕円面で構成することによって生ずる像の横方向の歪を軽減することが可能となる。また、結像光学系の像質を改善する照明のインコヒーレント化も可能とする副次的な効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるX線投影露光装置の要部の原理を

*することができると、横方向の像歪を少なくすると同時に光ビームの利用効率を高め、従ってスループットを向上できる。また、コンデンサミラー1の反射面が単一であるため、前記のX線の進行方向において複数の反射を行うコンデンサミラーに比較してスループット改善効果は極めて高く、かつ製造が容易となる。

【0026】図8は上記他の実施例のスループット改善効果を説明する特性図である。図において横軸はウエハのレジスト感度、横軸はX線投影露光装置のスループット(時間あたりの露光処理されるウエハの枚数)を示す。レジスト感度をSmJ/cm²、ウエハの露光面積をA、ウエハ面上に到達するX線強度をP、ステージの移動によるオーバーヘッド時間をt₀とすると、

【0027】

【数3】

$$N = \frac{3600}{S \cdot A / P + t_0} \quad (3)$$

【0028】で表される。ここでX線強度をPは

【0029】

【数4】

(4)

説明する図である。

【図2】本発明によるX線投影露光装置の一実施例の構成を示す図である。

【図3】本発明によるX線投影露光装置の他の実施例の要部構成を示す図である。

【図4】本発明によるX線投影露光装置の更に他の実施例の要部構成を示す図である。

【図5】2枚組の結像光学系の像歪特性を説明する図である。

【図6】2枚組の結像光学系のマスク照明領域と投影像の関係を示す図である。

【図7】本発明によるX線投影露光装置の一実施例の構成を示す図である。

【図8】本発明によるX線投影露光装置の一実施例と従来例のスループット特性を示す図である。

【図9】従来のX線投影露光装置の結像光学系の構成を示す図である。

【図10】従来のX線投影露光装置のコンデンサミラー部の構成を示す図である。

【符号の説明】

1: コンデンサミラー

2: マスク

3: 光源

4: 照明領域A

5: 照明領域B

6: 照明領域C

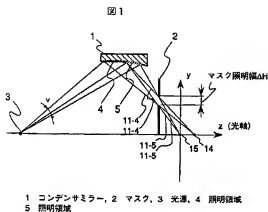
7: 照明領域D

8 : 2枚組の結像光学系
9 : ウェハ
10 : 3枚組の結像光学系
11 : マスク照明光

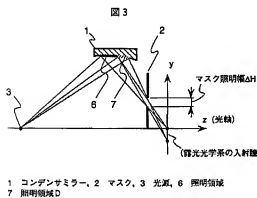
* 12 : マスクパターン
13 : ウェハ上に同期走査により転写中のパターン
14 : ウェハ上に転写されたパターン

*

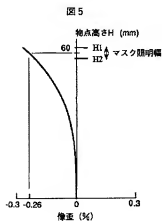
【図1】



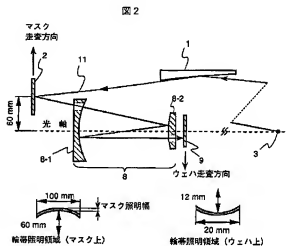
【図3】



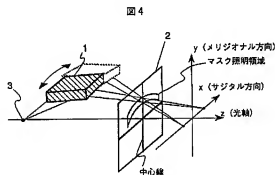
【図5】



【図2】

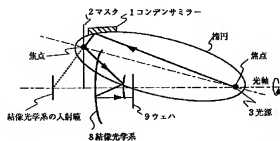


【図4】

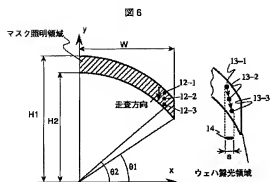


【図7】

図7



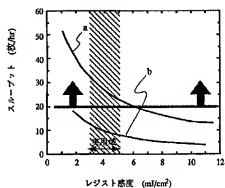
【図6】



12 マスクパターン、13 ウェハ上に同期走査により転写中のパターン、14 ウェハ上に転写されたパターン

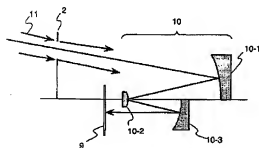
【図8】

図8



【図9】

図9



10 3枚組の結像光学系

【図10】

図10

